

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 11 月 27 日 (27.11.2003)

PCT

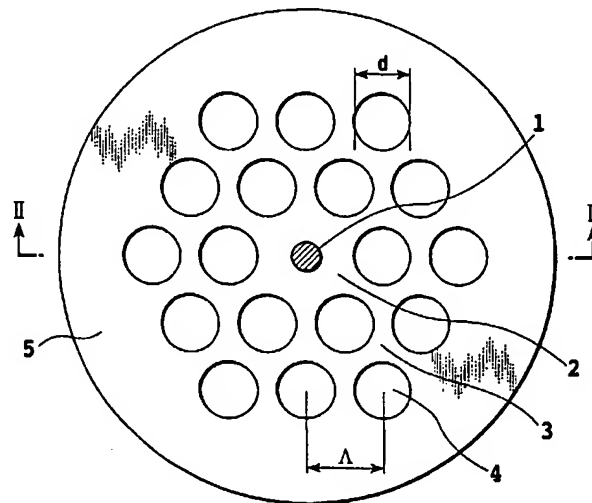
(10) 国際公開番号
WO 03/098296 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 6/20 千代田区 大手町 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP). 三菱電線工業株式会社 (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒660-0856 兵庫県 尼崎市 東向島西之町 8 番地 Hyogo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/06131
- (22) 国際出願日: 2003 年 5 月 16 日 (16.05.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 和宜 (SUZUKI, Kazunori) [JP/JP]; 〒238-0026 神奈川県 横須賀市 小矢部 3-21-10-310 Kanagawa (JP). 川西 悟基 (KAWANISHI, Satoki) [JP/JP]; 〒236-0032 神奈川県 横浜市 金沢区 六浦町 968-12-2-307 Kanagawa (JP). 久保田 寛和 (KUBOTA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒236-0031 神奈川県 横浜市 金沢区 六浦 4-14-13-2C Kanagawa (JP). 田中正俊 (TANAKA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県 伊丹市 池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社 伊
- (30) 優先権データ:
特願 2002-143758 2002 年 5 月 17 日 (17.05.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都

[続葉有]

(54) Title: DISPERSION SHIFT OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 分散シフト光ファイバ



(57) Abstract: A 1.55-micron-zone dispersion shift optical fiber low in loss and gentle in dispersion slope. A core area a is formed by adding high-concentration GeO₂. A core area b consists of pure SiO₂ glass. Many holes (4) extending in a longitudinal direction of the optical fiber are formed in a clad section (3) disposed around core areas. The positions of holes (4) in the clad section (3) are not at random, and they form a honeycomb shape where a regular hexagon having a side length of Λ is used as a basic lattice. At the center of core areas (1, 2), an area (3) higher in refractive index than the area surrounding the core areas (1, 2) is provided, and the refractive index distributions of the core areas (1, 2) are provided such that the group velocity dispersion at an operation wavelength of this area (3) is a normal dispersion.

(57) 要約: 本発明は、低損失、低分散スロープで、かつ 1.55 ミクロン帯の分散シフト光ファイバを提供する。コア領域 a は GeO₂ を高濃度に添加したものである。コア領域 b は純粋

[続葉有]



丹製作所内 Hyogo (JP). 藤田 盛行 (FUJITA, Moriyuki) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県 伊丹市 池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒107-0052 東京都 港区 赤坂 2 丁目 6-2 O Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

SiO₂ ガラスからなっている。クラッド部 3 はコア領域の周囲に配されている。クラッド部 3 には、光ファイバの長手方向に延びる多数の空孔 4 が形成されている。クラッド部 3 の空孔 4 の位置は、無秩序ではなく一辺の長さが Λ である正六角形を基本格子とするハニカム形状を構成している。コア領域 1、2 の中心に、このコア部 1、2 の周辺部より屈折率の高い領域 3 を有し、この領域 3 の動作波長における群速度分散が正常分散となるようなコア領域 1、2 の屈折率分布を有する。

明 細 書

分散シフト光ファイバ

5

技術分野

本発明は、分散シフト光ファイバに関し、より詳細には、光通信ネットワークおよび光信号処理に用いられる分散シフト光ファイバに関する。

10 背景技術

図10は、従来の分散シフト光ファイバの断面構造図で、図中符号、21はコア部、23はクラッド部、24は空孔、25はジャケット部を示している。クラッド部23の空孔24の位置は無秩序ではなく、一辺の長さが Λ である正六角形を基本格子とするハニカム形状を構成している。ここで、空孔24の直径を d とする。

15

この光ファイバは、クラッド部23に開けられた空孔24によって、その有効屈折率がコア部21の屈折率より低くなり、その結果として、コア部21を導波するモードが閉じこめられることにより伝搬する。この構造において波長 $1.55\mu\text{m}$ 付近で零分散となる波長分散特性を実現するためには、この光ファイバを構成する材料（例えば、 SiO_2 ガラス）の材料分散を補償する導波路分散をクラッド部の空孔による導波路分散で補償する必要がある。これには、例えば、 $\Lambda=1.6\mu\text{m}$ 、 $d=0.8\mu\text{m}$ とすることで実現可能である。

20

図11は、従来の分散シフトファイバの波長分散特性を示す図である。この図11から、波長 $1.55\mu\text{m}$ 付近に零分散波長が存在することがわかる。また、現在、光通信用媒体として広く用いられている分散シフトファイバと異な

25

り、分散スロープ（波長を横軸にとった場合の波長分散の傾き）の符号が負となっていることが特徴的である。

しかしながら、従来の分散シフト光ファイバには以下のような欠点があった。

- まず、1 番目の欠点としては、分散スロープが負の領域（長波長側程分散が減少する）を用いているため、伝搬モードの閉じこめ効果が弱く、長波長になるほど損失が増加するという欠点がある。また、図 10 に述べたような光ファイバの構造を一部変化させ、コア部の中心に、例えば、 GeO_2 をドーブしてコアの周辺部より屈折率を高くした構造においても、クラッド部の構造分散の効果によって零分散を実現している場合には、図 10 に示したような構造と同様に長波長で光損失が増加するという欠点がある。

この場合における分散シフトファイバの損失波長特性については図 12 に示す。（K. P. Hansen, et al., “Highly nonlinear photonic crystal fiber with zero dispersion at $1.55 \mu\text{m}$ ”, OFC 2002, Post Deadline Paper, FA 9 (2002)）。

- 図 12 において、 $1.45 \mu\text{m}$ 付近から長波長側で急激に損失が増加しており、 $1.6 \mu\text{m}$ においては約 100 dB/km の大きな損失となっている。この特性は、計算機解析でも同様の結果が得られている。また、光の閉じこめ効果が弱いためマイクロバンド損失が生じやすく、従来技術を用いたケーブル化では低損失伝送路を構成することが困難であった。さらに、同様な理由から曲げ損失を生じやすく、本光ファイバを光部品として用いる際に小径にファイバを収納して使用することが困難であった。

- 次に、2 番目の欠点としては、従来の分散シフトファイバの場合コア径が約 $2.4 \mu\text{m}$ と、一般的に使用されている単一モードファイバの場合の $10 \mu\text{m}$ 、通常用いられている光ファイバの場合の $8 \sim 10 \mu\text{m}$ と比較して小さなため、これらのファイバとの接続損失が数 dB 以上と大きなことがあげられる。

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、低損失、低分散スロープで、かつ1.55ミクロン帯の分散シフト光ファイバを提供することにある。

5 発明の開示

本発明は、長手方向に沿って複数の空孔が形成され、該複数の空孔が幾何学的に配列されているクラッド部と、コア部の中心部に、該コア部の周辺部より屈折率の高い領域を有し、該領域の動作波長における群速度分散が正常分散となるような屈折率分布を有するコア部とを備えている。

10 また、前記コア部の屈折率分布は、マッチドクラッド型、W型、三重クラッド型、四重クラッド型のいずれかの光ファイバのコア部及びクラッド部の屈折率分布と同様である。

また、前記クラッド部に形成された空孔の径又は配列、コア部の形状、屈折率分布のうちの少なくとも1つを、前記コア部の中心を対称軸とする3回未満
15 の軸対称性としている。

このような構成により、本発明においては、コア部の中心部にドーパントを添加することにより高い比屈折率差を持つ領域を有し、1.55 μ m帯において大きな負の分散（正常分散）を有する分散補償ファイバのクラッド領域に格子状の空孔を形成し、この空孔が存在することによる大きな異常分散を持つ導
20 波路分散の効果とつり合わせることで、波長1.55 μ m帯において零分散かつ低分散スロープを有する分散シフトファイバを実現することができる。
ここで、空孔の効果によって生ずる導波路分散の分散スロープは、正または零であることが望ましい。

25 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の分散シフト光ファイバの実施例 1 を説明するための断面構造図である。

図 2 は、図 1 の II - II で示す線に沿う断面の屈折率分布を示す図である。

図 3 は、図 1 に示した光ファイバの波長分散の波長依存性の一例を示す図である。

図 4 A は、本発明におけるコア部の屈折率分布を示した図で、W 型（二重クラッド型）の例を示した図である。

図 4 B は、本発明におけるコア部の屈折率分布を示した図で、三重クラッド型の例を示した図である。

10 図 5 は、本発明の実施例 2 に基づいて作成した光ファイバの波長分散特性を示す図である。

図 6 は、本発明の実施例 3 を説明するための断面構造図である。

図 7 は、図 6 の VII - VII で示す線に沿う断面の屈折率分布を示す図である。

図 8 は、図 6 の光ファイバの波長分散特性を示す図である。

15 図 9 は、本発明の実施例 4 の光ファイバの波長分散特性を示す図である。

図 10 は、従来の分散シフト光ファイバの断面図である。

図 11 は、従来の光ファイバの波長分散特性の一例を示す図である。

図 12 は、従来の光ファイバの損失波長特性を示す図である。

20 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

[実施例 1]

図 1 は、本発明の分散シフト光ファイバの実施例 1 を説明するための断面構造図で、図中符号 1 は GeO_2 を高濃度に添加したコア領域 a、2 は純粋 SiO_2 ガラスからなるコア領域 b、3 はコア領域の周囲に配されたクラッド部、

25

5 はジャケット部を示している。クラッド部 3 には、光ファイバの長手方向に延びる多数の穴（以下、空孔という）4 が形成されている。

クラッド部 3 の空孔 4 の位置は、無秩序ではなく一辺の長さが Λ である正六角形を基本格子とするハニカム形状を構成している。ここで、空孔 4 の直径を
5 d とする。

図 2 は、図 1 の II-II で示す線に沿う断面の屈折率分布を示す図で、最も低い屈折率が空孔の屈折率 ($n=1$) を表している。コア領域 a は、例えば、直径 $2a=3\mu\text{m}$ 、比屈折率差 Δ が 2% となるようにステップ状に GeO_2 を添加することにより作成する。このとき、空孔 4 が存在しない場合には、コア領
10 域 a とコア領域 b から構成される光導波路の導波路分散の効果と材料分散の効果によって -22ps/km/nm に正常分散を持つ。

クラッド部 3 に空孔 4 を規則的に配置すると、図 2 に示すように、大きな屈折率の変化を生じる。 SiO_2 ガラスで構成されたコア領域 b およびクラッド部の屈折率が $n=1.45$ であるのに対して、空孔部分 4 の屈折率は $n=1$ である。空孔 4 によりクラッド部 3 の平均屈折率が低下し ($1 < n < 1.45$)、
15 これによってもコア部 1 および 2 を伝搬する光が閉じこめられる。

空孔 4 が存在することにより、コア部を伝搬するモードに大きな正の構造分散（異常分散）を生じさせることが可能である。構造分散の大きさは、空孔 4 の間隔 Λ と空孔 4 の直径 d をパラメータに選び変化させることにより変えるこ
20 とができる。

例えば、 $\Lambda=5.6\mu\text{m}$ 、 $d=2.8\mu\text{m}$ とすると、波長 $1.55\mu\text{m}$ 付近で零分散となる分散シフトファイバを実現することができる。この光ファイバの波長分散特性を図 3 に示す。図 3 の破線は空孔のない場合の波長分散特性を示し、実線は上述した大きさの空孔を設けた場合の波長分散特性を示している。
25 この図 3 から、波長 $1.55\mu\text{m}$ で零分散かつ分散スロープが正の波長分散

特性が得られることがわかる。波長 $1.55\ \mu\text{m}$ で零分散となる、 $2a$ 、 Δ 、 Λ 、 d の値はここにあげた組み合わせに限らず、様々な値の組み合わせで実現することができる。

上述した実施例では、コア領域 a はステップ型の屈折率分布の場合について
5 示したが、2乗型や α 乗 ($\alpha > 2$)、スーパーガウシアン等の屈折率分布であつても構わない。

図1の構造において、空孔4の間隔 Λ を波長程度まで小さくすることによつても、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ で零分散とすることができるが、この構造では従来技術の項で述べたように、コア領域を伝搬する光の閉じこめが極端に弱くなり急
10 激な損失増加を生じてしまう。

[実施例2]

本発明の実施例2は、実施例1ではステップ型の屈折率分布であつたコア部
 a の屈折率分布を二重クラッド型もしくは三重クラッド型にしたものである。
屈折率分布の例を図4A、図4Bに示す。図4Aは、二重クラッド型の屈折率
15 分布、図4Bは、三重クラッド型の屈折率分布を示す。空孔4がない場合には、
図4A、図4Bに示す屈折率分布は良く知られた分散補償ファイバの屈折率分布と等価である。このような屈折率分布とすることによって大きな正常分散を持つ光ファイバを実現することができる。

このような屈折率分布を持つコア領域1および2の周りにほぼ規則正しく配
20 列された空孔4を設けることにより、コア領域の寄与による正常分散を空孔4
の配列による異常分散で補償することができ、結果として波長 $1.55\ \mu\text{m}$ で
零分散となるファイバを実現することができる。空孔の効果による異常分散の
分散スロープは、実施例1で示したように正となる。

二重クラッドもしくは三重クラッド構造とすることによって、波長 1.55
25 μm 付近の分散スロープを負にすることができる (M. Ohnishi 他、

“ Optimization of dispersion-compensating fibers considering self-phase modulation suppression ”, OFC ' 96, ThA2 (1996)、L. Gruner-Nielsen 他、 “ New dispersion compensating fibres for simultaneous compensation of dispersion and dispersion slope of non-zero dispersion shifted fibres in the C or L band ”, OFC 2000, (2000))。

従って、コア領域の屈折率分布による分散スロープの寄与（負の分散スロープ）と互いに打ち消しあうことが可能である。したがって、ファイバの構造パラメータを適切に選ぶと、波長 $1.55 \mu\text{m}$ で零分散かつ分散フラット（分散スロープが零）な光ファイバを実現することが可能である。図 5 に本発明のファイバの波長分散特性を示す。破線が空孔の存在しない場合の波長分散特性、実線が本光ファイバの波長分散特性を示している。

通常の二重クラッドもしくは三重クラッド構造の分散補償ファイバにおいては、伝搬モードの閉じこめ効果が通常の単一モードファイバと比べて弱くなるため、マイクロバンド損失や曲げ損失を生じやすくその扱いが難しいという欠点を有していた。

しかしながら、本発明の光ファイバ構造によると、光ファイバを伝搬するモードが空孔 4 に囲まれたコア領域 1 および 2 に強く局圧するために、光ファイバの曲げによる放射モード損失やマイクロバンド損失が実用上問題とならない値にまで減少する。したがって、従来通りのケーブル化を行っても損失増加が無視でき、許容曲げ半径が従来ファイバと比較して小さくできるので、装置内部のファイバの収納や引き回しに対する制限も小さくなる。

〔実施例 3〕

図 6 は、本発明の実施例 3 を説明するための図で、図中符号 11 は GeO_2 を高濃度に添加したコア領域 a、12 は純粋 SiO_2 からなるコア領域 b、13 はクラッド部、14 a は空孔 a、14 b は空孔 b、15 はジャケット部を示

している。

空孔 b は、コア領域に隣接して 2 回対称となるように配置し、その直径は、空孔 a より大きいもしくは小さくなるように設定する。

図 7 は、図 6 の VII-VII で示す線に沿う断面の屈折率分布を示す図である。空
5 孔 a と空孔 b の直径が異なるため、図 7 に示した x 軸方向と y 軸方向の等価屈折率に異方性を生じる。その結果、x 方向と y 方向に振動面を持つ伝搬モードに大きな複屈折を生じる。大きな複屈折があるため、x 方向の偏波モードから y 方向のモードへの偏波クロストークもしくはその逆のクロストークが減少し、結果として x 方向もしくは y 方向の偏波モードが保持されたまま伝搬する。コ
10 ア領域 a の屈折率がコア領域 b に等しい場合の例が、川西、岡本「偏波保持光ファイバ」（特願 2 0 0 1 - 5 9 0 3 3）に記述されている。

上述した参考文献に示したファイバ構造に基づいて作成した光ファイバの波長分散特性の一例が、K. Suzuki, 他 “ Optical properties of a low-loss polarization maintaining photonic crystal fiber ” , Optics Express,
15 vol. 9, No. 13, p. 676 (2001) に示されている。これによると、波長 1. 5 5 μm で約 + 7 0 p s / k m / n m の大きな異常分散が得られている。

このような構造のファイバにおいて波長 1. 5 5 μm で零分散を実現するには、コア領域 1 に GeO_2 を高濃度に添加し、コア領域の導波路構造に基づく負の導波路分散（正常分散）を発生させ、前述の空孔による正の分散を補償す
20 れば良い。例えば、コア領域 a の比屈折率差 Δ を 2 %、直径を 2. 2 μm 、空孔 a の直径を 2 μm 、空孔 b の直径を 4 μm 、空孔の間隔 Λ を 4 μm とすると、波長 1. 5 5 μm 付近で波長分散が零となる。

図 8 は、この光ファイバの波長分散特性を示す図である。実線と破線はそれぞれ x 方向と y 方向に偏波方向を持つ伝搬モードに対する波長分散特性を表し
25 ている。両モードに対する零分散波長が異なっているもののそれぞれ 1. 5 5

μm 付近に零分散波長が存在することがわかる。両者の波長分散特性の相違は、空孔 a と b の直径が大きく異なることに起因する。

上述した実施例においては、コア領域 11 はステップ型の屈折率分布を仮定したが、2乗型や α 乗 ($\alpha > 2$)、スーパーガウシアン等の屈折率分布であっても構わない。

[実施例 4]

本発明の実施例 4 は、実施例 3 においてステップ型の屈折率分布であったコア部 a の屈折率分布を二重クラッド型もしくは三重クラッド型にしたものである。屈折率分布の形状の一例は、図 4 A、図 4 B に示したものである。実施例 2 において説明したように、このような屈折率分布を有する光ファイバの波長分散特性は、適当な構造パラメータを選ぶことによって波長 1.55 μm 付近で正常分散（負）かつ負の分散スロープを有するように設定することができる。

このようなコア部の屈折率分布を実施例 3 の光ファイバに適用することによって、クラッド部に開けられた空孔によって生ずる異常分散（正の分散）かつ正の分散スロープを同時に補償することができ、1.55 μm においてほぼ零分散かつ低分散スロープな分散シフト光ファイバを実現することができる。この構造に基づいて作成した光ファイバの波長分散特性の一例を図 9 に示す。

図 9 は、実線および破線は互いに直交する 2 つの偏波モードに対応する波長分散特性を示した図である。ここでは、互いに直交する伝搬モードのうち、一方のモードが、波長 1.55 μm において零分散となっている。このときの分散スロープは、0.02 ps/km/nm と通常の分散シフト光ファイバの 1/3 以下の小さな値となっている。

本実施例の構造の光ファイバにおいては、伝搬モードの閉じ込めが強いいため、直径 10 mm 程度の曲げに対しても光損失の増加は見られない。また、伝搬モードの閉じこめが長波長側で徐々に弱くなることに起因する長波長側での損

失増加も見られない。

産業上の利用可能性

- コア部の中心に、コア部の周辺部より屈折率の高い領域を有し、領域の動作
- 5 波長における群速度分散が正常分散となるようなコア部の屈折率分布を有するので、伝搬モードの閉じこめ効果の強い分散シフトファイバを実現することができる。また、光ファイバの曲げによる光損失が生じにくいので、本発明の光ファイバを装置の内部等に収容する場合に、その装置の小型化を図ることができる。さらに、コア部の屈折率分布の最適化を図ることによって、広い波長領
- 10 域において低分散な光ファイバを実現することができ、これを用いた光デバイスの特性の向上を図ることができる。

請 求 の 範 囲

1. 長手方向に沿って複数の空孔が形成され、該複数の空孔が幾何学的に配列されているクラッド部と、
- 5 コア部の中心部に、該コア部の周辺部より屈折率の高い領域を有し、該領域の動作波長における群速度分散が正常分散となるような屈折率分布を有するコア部と
 を備えたことを特徴とする分散シフト光ファイバ。
2. 前記コア部の屈折率分布は、マッチドクラッド型、W型、三重クラッド
- 10 型、四重クラッド型のいずれかの光ファイバのコア部及びクラッド部の屈折率分布と同様であることを特徴とする請求項1に記載の分散シフト光ファイバ。
3. 前記クラッド部に形成された空孔の径又は配列、コア部の形状、屈折率分布のうちの少なくとも1つを、前記コア部の中心を対称軸とする3回未満の軸対称性としていることを特徴とする請求項1に記載の分散シフト光ファイバ。

1/12

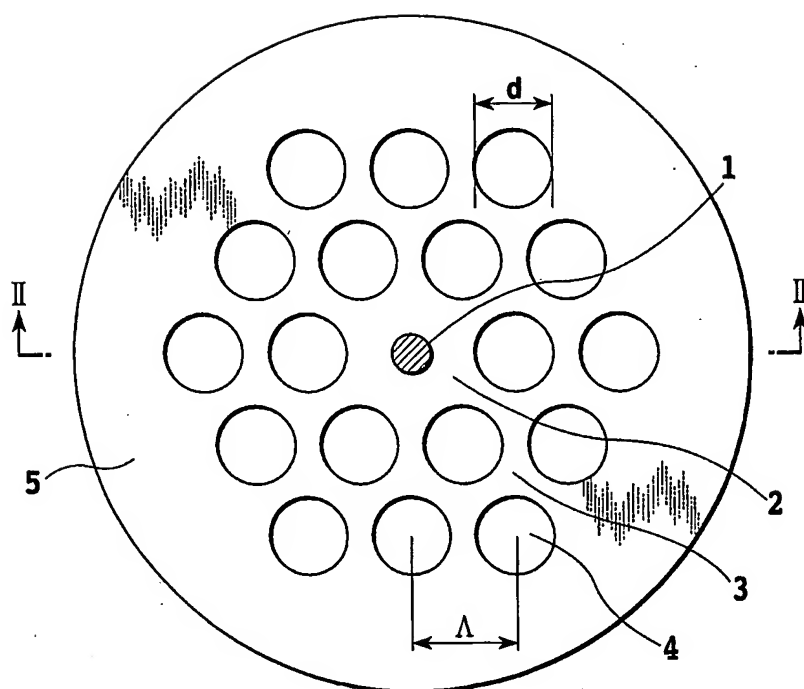


FIG.1

2/12

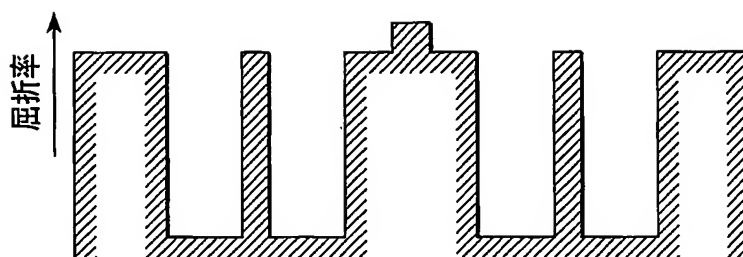


FIG.2

3/12

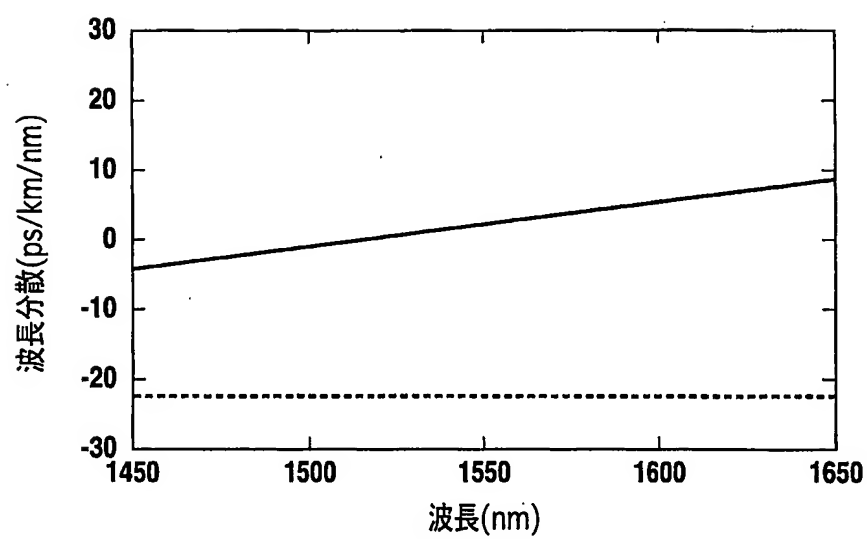


FIG.3

4/12

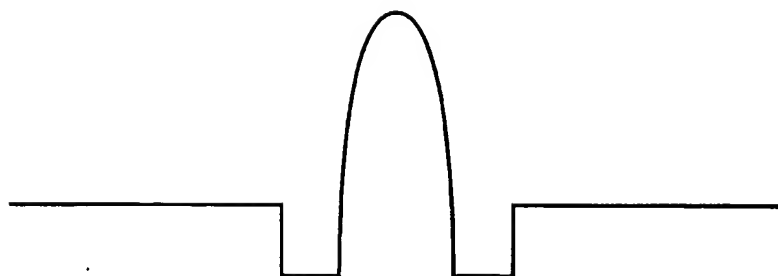


FIG.4A

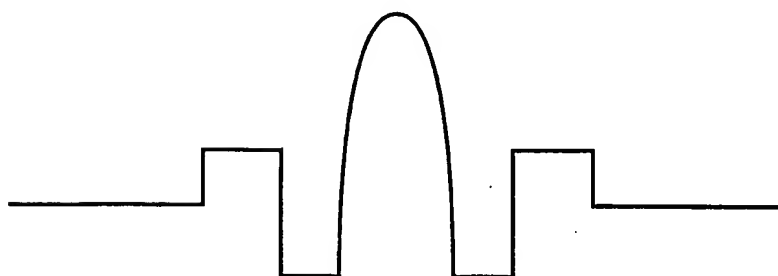


FIG.4B

5/12

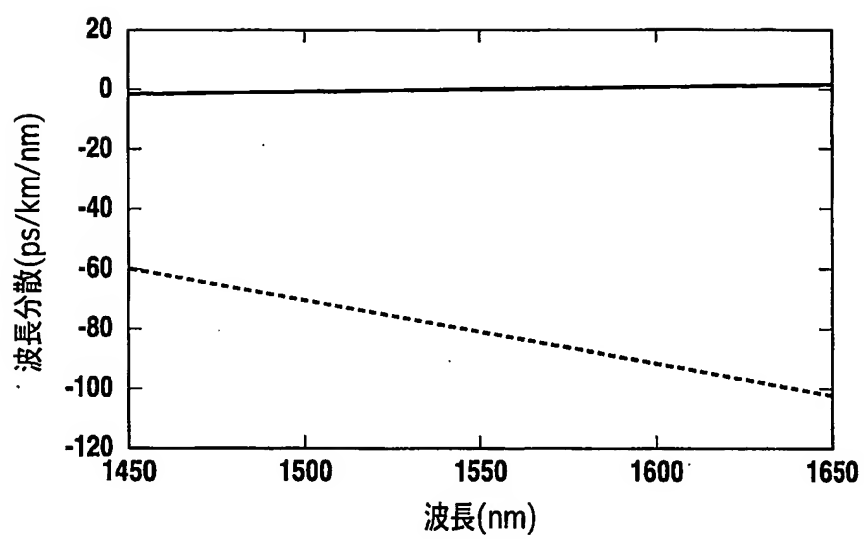


FIG.5

6/12

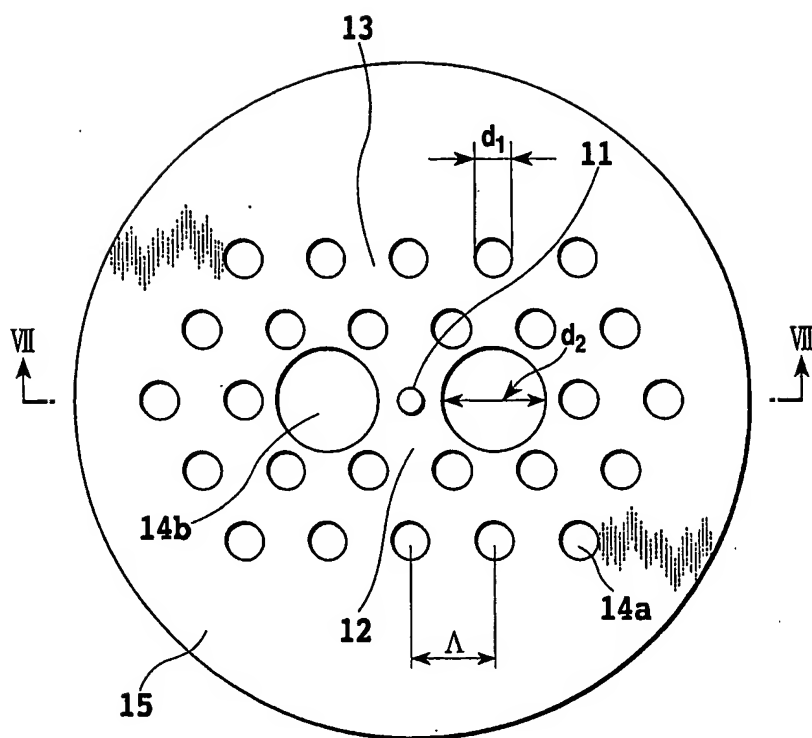


FIG. 6

7/12

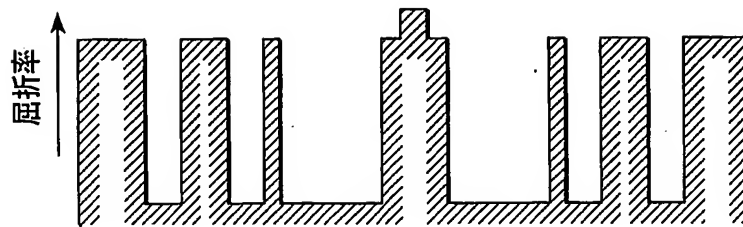


FIG.7

8/12

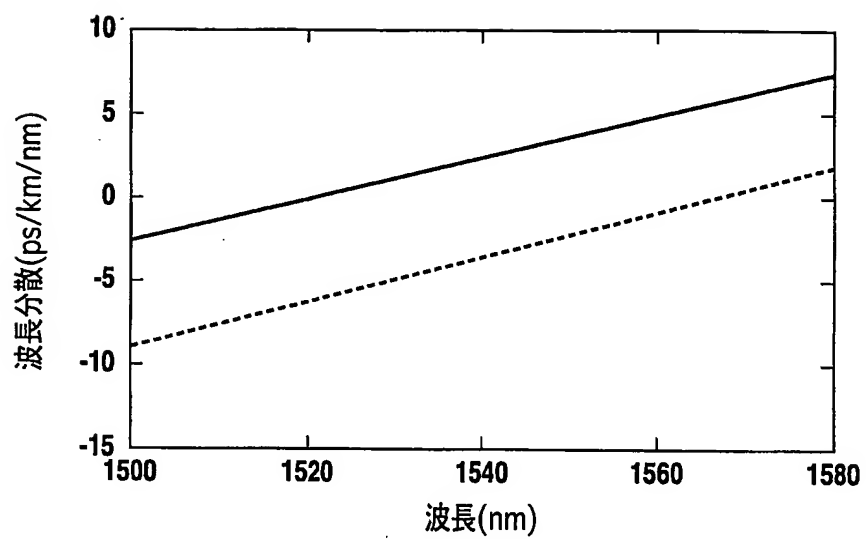


FIG.8

9/12

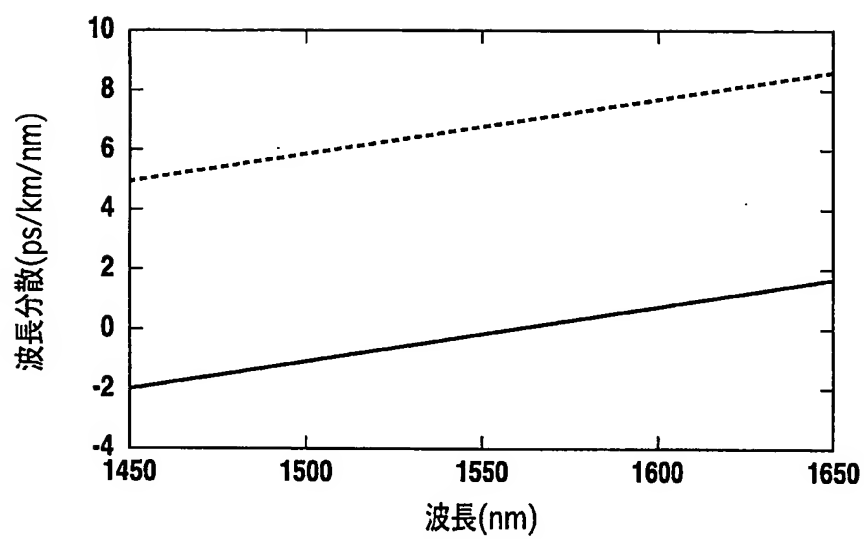
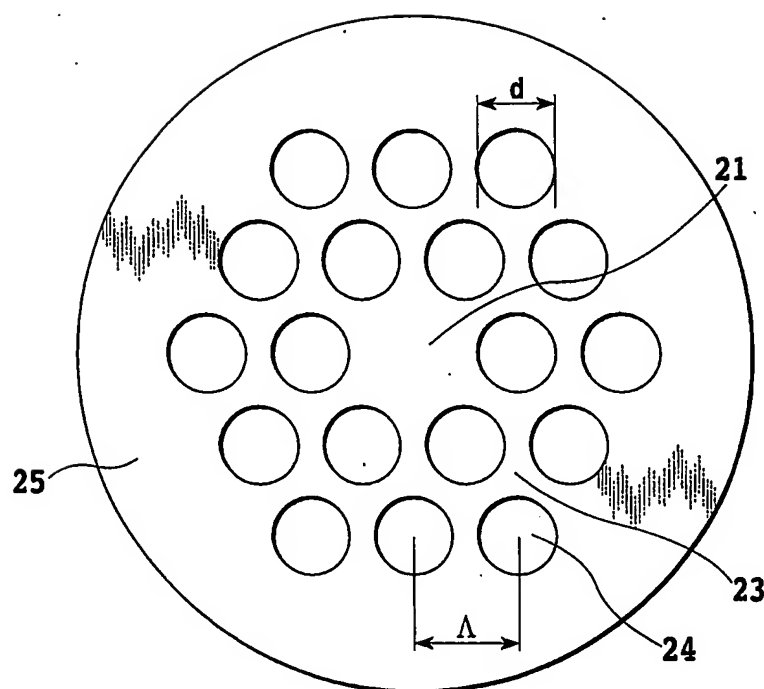


FIG.9

10/12

**FIG.10**

従来技術

11/12

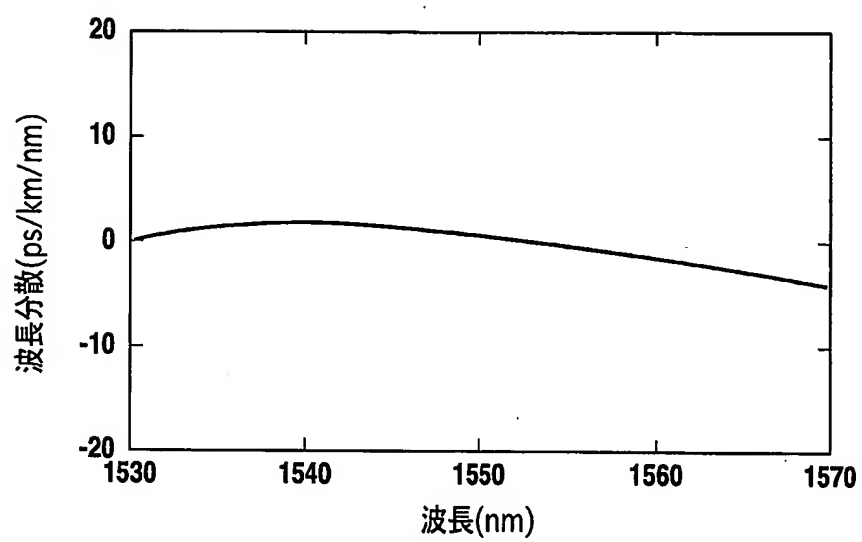


FIG.11

従来技術

12/12

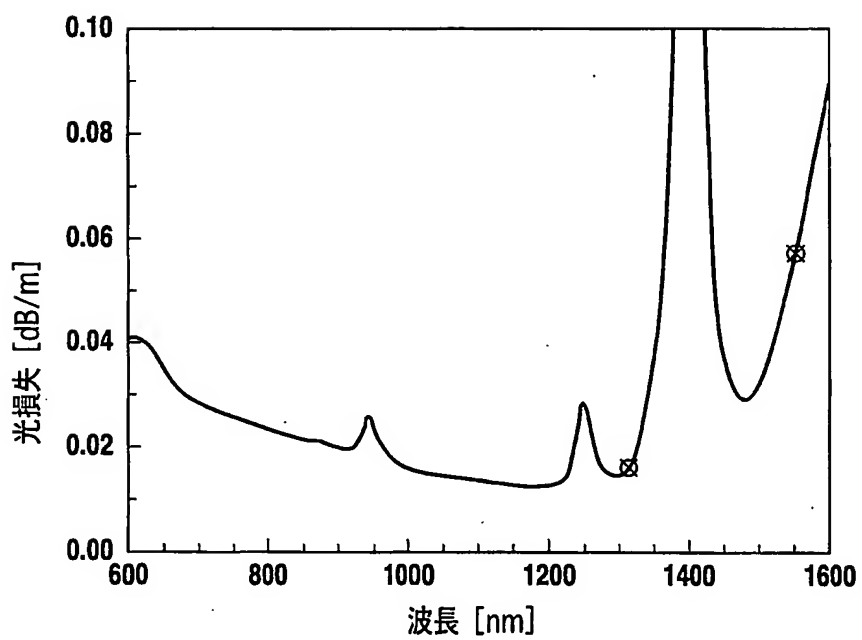


FIG.12

従来技術

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ G02B6/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ G02B6/20Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JOIS (JSTPLUS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HANSEN, K.P. et al., Highly Nonlinear Photonic Crystal Fiber with Zero-Dispersion at 1.55 μ m., In: OFC 2002 Postdeadline Papers, March 2002, FA 9-1-9-3 Full text; all drawings (particularly, page FA9-1, 14th line from the bottom)	1
Y	Full text; all drawings (particularly, page FA9-1, 14th line from the bottom)	2, 3
Y	EP 989420 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.), 29 March, 2000 (29.03.00), Full text; all drawings (particularly, Figs. 3, 7) & JP 11-326671 A & WO 99/47953 A1	2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
12 August, 2003 (12.08.03)Date of mailing of the international search report
26 August, 2003 (26.08.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06131

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/6256 A1 (Shin'ya INAGAKI, Tomoaki TAKEYAMA), 17 January, 2002 (17.01.02), Full text; all drawings & JP 2002-31736 A	2
Y	WO 00/49436 A1 (THE UNIVERSITY OF BATH), 24 August, 2000 (24.08.00), Full text; all drawings (particularly, Figs. 6, 7) & JP 2002-537575 A & KR 1113696 A & CN 1341221 A	3
Y	US 2001/26667 A1 (Satoki KAWANISHI, Katsunari OKAMOTO), 04 October, 2001 (04.10.01), Full text; all drawings (particularly, Figs. 7, 8) & JP 2001-318260 A	3
P,X	JP 2002-145634 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 22 May, 2002 (22.05.02), Full text; all drawings (particularly, Par. No. [0027]), & WO 01/84198 A1 & US 2001/38740 A1	1,2
A	WO 01/31376 A1 (CORNING INC.), 03 May, 2001 (03.05.01), Full text; all drawings (particularly, Claim 11) & JP 2003-513300 A & US 6334017 B1	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS(JSTPLUS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	HANSEN, K. P., et al., Highly Nonlinear Photonic Crystal Fiber with Zero-Dispersion at 1.55 μ m. In: OFC 2002 Postdeadline Papers, March 2002, FA 9-1 ~ 9-3.	1
Y	全文, 全図 (特に、FA 9-1 頁下から 14 行目)	2, 3
Y	EP 989420 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 2000.03.29 全文, 全図 (特に、第 3, 7 図) & JP 11-326671 A & WO 99/47953 A1	2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
12.08.03国際調査報告の発送日
26.08.03

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 門田 かづよ



2K 3103

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 2002/6256 A1 (Shinya Inagaki, Tomoaki Takeyama) 2002. 01. 17 全文, 全図 & JP 2002-31736 A	2
Y	WO 00/49436 A1 (THE UNIVERSITY OF BATH) 2000. 08. 24 全文, 全図 (特に、第6, 7図) & JP 2002-537575 A & KR 1113696 A & CN 1341221 A	3
Y	US 2001/26667 A1 (Satoki Kawanishi, Katsunari Okamoto) 2001. 10. 04 全文, 全図 (特に、第7, 8図) & JP 2001-318260 A	3
P X	JP 2002-145634 A (住友電気工業株式会社) 2002. 05. 22 全文, 全図 (特に、段落番号【0027】) & WO 01/84198 A1 & US 2001/38740 A1	1, 2
A	WO 01/31376 A1 (CORNING INCORPORATED) 2001. 05. 03 全文, 全図 (特に、請求項11) & JP 2003-513300 A & US 6334017 B1	1-3